

1. Energieübertragung mit geringer Entwertung

Elektrische Energie kommt meist von Großkraftwerken. Von dort muss sie mithilfe eines langen Leitungsnetzes bis zum Endverbraucher übertragen werden. Dies geschieht bei sehr hohen Spannungen von bis zu 380 kV. Warum eigentlich?

Die Fernleitungen – meist **Freileitungen** – vom Kraftwerk zum Haushalt haben einen Widerstand. Da die Leitungen sehr lang sind, ist der Widerstand groß. Das bedeutet, dass ein Teil der elektrischen Energie in Wärme gewandelt wird. Wie hoch die Verluste sind, hängt von der Stromstärke ab. Um die Energie möglichst verlustarm zu übertragen, sollte die Stromstärke unterwegs klein sein. Damit trotzdem die erforderliche Leistung übertragen werden kann, muss wegen $P = U \cdot I$ die Energie bei hoher Spannung übertragen werden. Diese Aufgabe löst der Transformator. Er transformiert die Spannung am Anfang der langen Übertragungsstrecke hoch. An deren Ende wird die Spannung wieder herunter transformiert.

Eine Rechnung macht den Vorteil der Energieübertragung bei Hochspannung deutlich:

a) Fernübertragung mit 230 V:

Es soll eine Leistung von 200 kW übertragen werden. Für die Stromstärke gilt dann:

$$I = P/U = 200 \cdot 10^3 \text{ W} / (230 \text{ V}) \approx 900 \text{ A.}$$

Nehmen wir an, dass die Energie über eine Strecke von 10 km übertragen werden soll und die Leitung einen Widerstand von $R = 0,2 \Omega$ hat. Durch den Spannungsabfall an der Leitung ergibt sich dann ein Verlust von

$$P_{\text{Verlust}} = U_R \cdot I = (R \cdot I) \cdot I = R \cdot I^2 = 0,2 \Omega \cdot (900 \text{ A})^2 \approx 160 \text{ kW.}$$

Dies entspricht einem Verlust von 80 %.

b) Fernübertragung bei 10 kV:

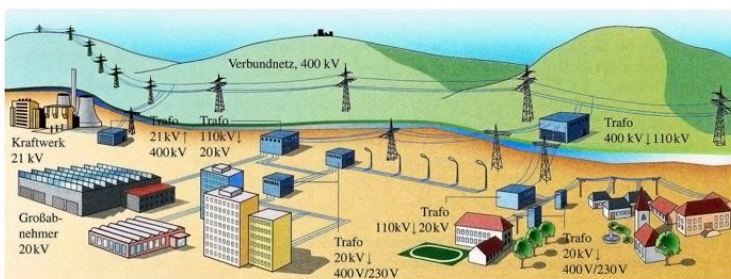
Unter sonst gleichen Bedingungen gilt:

$$I = P/U = 200 \cdot 10^3 \text{ W} / 10 \cdot 10^3 \text{ V} \approx 20 \text{ A.}$$

Für die Verlustleistung ergibt sich

$$P_{\text{Verlust}} = R \cdot I^2 = 0,2 \Omega \cdot (20 \text{ A})^2 = 80 \text{ W.}$$

Dies entspricht einem Verlust von nur 0,04 %.



B1: Transformatoren verringern Energieverluste

2. Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung

Als das europäische Stromnetz gegen Ende des 19. Jahrhunderts aufgebaut wurde, waren Transformatoren die einzige technische Möglichkeit, um hohe Spannungen zur verlustarmen Übertragung elektrischer Energie zu erzeugen. Da Transformatoren nur mit Wechselspannung funktionieren, hat man sich damals für ein Wechselstromnetz entschieden.

Die Übertragung elektrischer Energie mit Wechselspannung hat aber auch Nachteile:

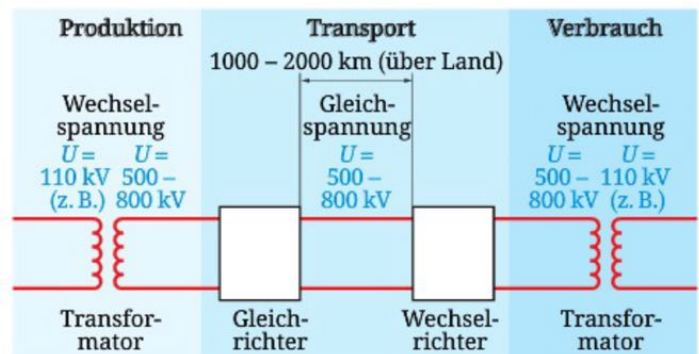
Beim Energietransport mit Wechselspannung treten sogenannte Blindströme auf, die die Stromstärke in der Leitung erhöhen, ohne zur Energieübertragung beizutragen. Die größere Stromstärke führt zu erhöhten Verlusten. Außerdem werden die Elektronen durch den schnellen Richtungswechsel stärker an der Oberfläche der Leitung bewegt (**Skin-Effekt**). Die Stromstärke im Drahtinneren wird kleiner als an der Oberfläche. Der Leitungsquerschnitt wird nicht vollständig ausgenutzt. Über große Strecken wirkt sich das aus. Übertragungen über mehr als 1000 km gelten daher als unwirtschaftlich. Die Verluste sind besonders groß, wenn die Energie über Erd- oder Seekabel übertragen wird.

Blindströme treten bei Gleichspannung nicht auf. Durch die Entwicklung von hochspannungstauglichen Gleich- und Wechselrichtern ist die **Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ)** möglich geworden → B2.

Die Spannung wird am Standort des Kraftwerks hoch transformiert und gleichgerichtet. Die elektrische Energie kann so verlustarm und ohne die Nachteile der Wechselspannung übertragen werden. In der Nähe der Verbraucher wird die Spannung wieder in Wechselspannung gewandelt und herunter transformiert.

In Deutschland sollen bis 2022 vier HGÜ-Leitungen mit einer Gesamtlänge von über 2000 km entstehen. Sie werden die im Norden in Windenergieanlagen erzeugte Energie in den Süden und Westen Deutschlands transportieren.

Auch in anderen Ländern sind HGÜ-Leitungen in Planung. So erwägt Island zum Beispiel den Bau eines rund tausend Kilometer langen Unterseekabels nach Großbritannien, um die Briten mit elektrischer Energie aus Erdwärme zu versorgen.



B2 Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung